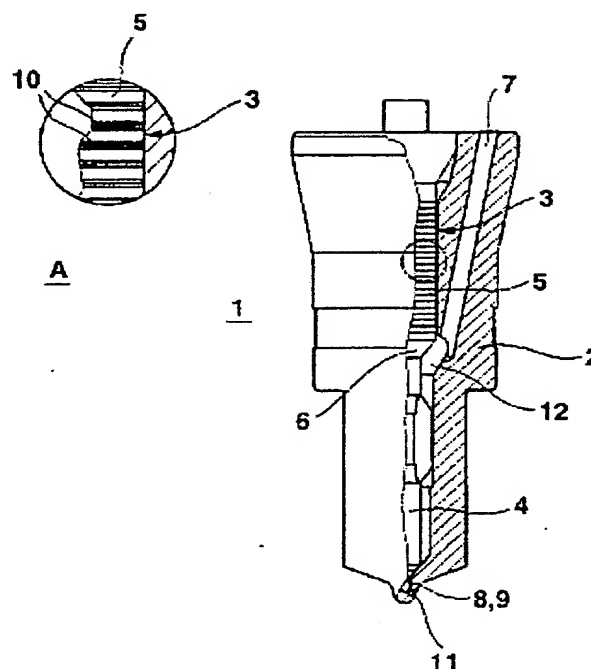


## High-pressure piston cylinder unit for internal combustion engine

**Patent number:** DE19820264  
**Publication date:** 1999-11-11  
**Inventor:** DANCKERT BERND [DE]; BISCHOPINCK RAINER VON [DE]; WAGNER BERND [DE]; SCHEIBE WOLFGANG [DE]  
**Applicant:** MOTOREN TURBINEN UNION [DE]  
**Classification:**  
- international: F16J1/02; B23P17/00; F02M61/04; B23K26/00  
- european: F02M47/02D; F02M59/44; F02M59/44B; F02M61/12; F02M61/16  
**Application number:** DE19981020264 19980507  
**Priority number(s):** DE19981020264 19980507

### Abstract of DE19820264

The high-pressure piston cylinder unit has a piston(5), guidable through a cylinder bore(3), and coupled to an actuating device. There are fine grooves(10), in at least one part of the guiding surface of the piston, which run close to one another. The grooves have a width of at least between 10-40 micrometers. An Independent claim is included for a method of making the above high-pressure piston cylinder unit.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**This Page Blank (uspto)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 20 264 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 J 1/02**  
B 23 P 17/00  
F 02 M 61/04  
B 23 K 26/00

②1 Aktenzeichen: 198 20 264.4  
②2 Anmeldetag: 7. 5. 98  
④3 Offenlegungstag: 11. 11. 99

DE 198 20 264 A 1

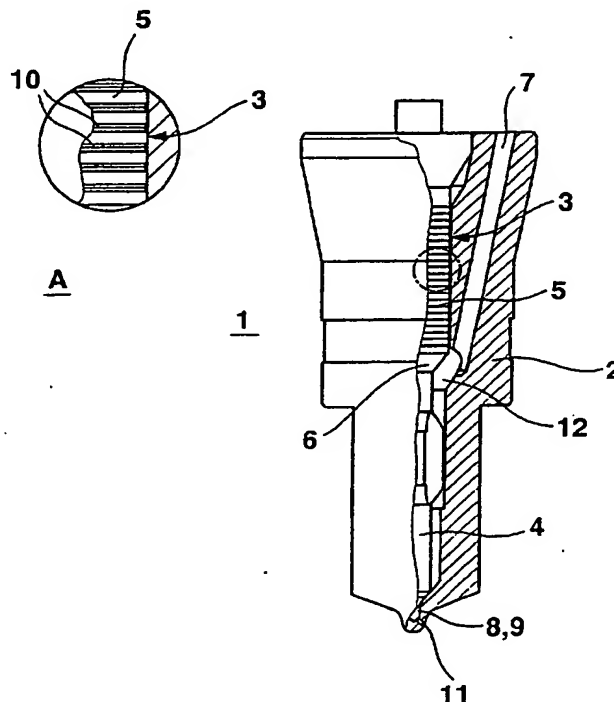
⑦1 Anmelder:  
MTU Motoren- und Turbinen-Union  
Friedrichshafen GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

⑦2 Erfinder:  
Danckert, Bernd, 88074 Meckenbeuren, DE;  
Bischoffinck, Rainer von, 88045 Friedrichshafen,  
DE; Wagner, Bernd, 71640 Ludwigsburg, DE;  
Scheibe, Wolfgang, Dr., 71642 Ludwigsburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Hochdruck-Kolbenzylindereinheit

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, insbesondere eine Einspritzpumpe oder ein Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Hochdruck-Kolbenzylindereinheit. Die Hochdruck-Kolbenzylindereinheit umfaßt einen in einer Zylinderbohrung (3) geführten und mit einem Betätigungselement gekoppelten Kolben (5), der einer hohen Druckdifferenz ausgesetzt ist. Erfindungsgemäß sind zumindest in einem Teil der Führungsfläche des Kolbens (5) in einem geringen Abstand zueinander verlaufende feine Rillen (10) ausgebildet. Diese Rillen bewirken einen hydraulischen Druckausgleich am Umfang der Führungsfläche, wirken damit Verschleiß entgegen und vermindern eine Leckströmung in Föhrungslängsrichtung.



DE 198 20 264 A 1

Die Erfindung betrifft eine Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, insbesondere eine Einspritzpumpe oder ein Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für hohe Hubzyklenzahlen, wie im Oberbegriff des Anspruchs 1 vorausgesetzt.

Bei einer solchen Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, welche einer großen Zahl von Hubzyklen ausgesetzt ist, wie es insbesondere bei einer Einspritzpumpe oder einem Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine der Fall ist, ist allgemein ein Kolben vorhanden, welcher in einer Zylinderbohrung geführt ist, und welcher einer hohen Druckdifferenz ausgesetzt ist. Der in der Zylinderbohrung geführte Kolben dient entweder der Förderung des in den Brennraum der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffs, wie im Falle einer Einspritzpumpe, oder im Falle eines Einspritzventils dazu, unter Beaufschlagung durch den unter hohem Druck zugeführten einzuspritzenden Kraftstoff das Einspritzventil zu öffnen, typischerweise indem der Kolben eine damit gekoppelte oder materialeinstückig damit ausgebildete Düsenadel aus dem Ventilsitz eines Nadelventils abhebt und damit einen Einspritzquerschnitt zum Einspritzen des Kraftstoffs in den Brennraum der Brennkraftmaschine freigibt.

Bei einer derartigen Hochdruck-Kolbenzylindereinheit besteht der Umstand, daß wegen letztlich nicht vermeidbarer Fertigungstoleranzen eine Deaxierung des Kolbens in der Zylinderbohrung auftritt, was zur Folge hat, daß die Druckverteilung über dem Kolbenumfang wegen sich über dem Kolbenumfang unterschiedlich einstellenden Spaltweiten nicht gleichmäßig ist, und sich daraus eine resultierende Radialkraft ergibt, die in Richtung der Deaxierung wirkt. Die dadurch bedingte einseitige Anpressung des Kolbens in seiner Führung führt zu Verschleiß in der Anlagefläche.

Im Falle eines Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystems, bei welchem der einzuspritzende Kraftstoff unter hohem Druck in einem Speicher vorgehalten und über einen permanent von dem unter hohem Druck stehenden Kraftstoff beaufschlagten Kraftstoffinjektor in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird, ist die Verschleißgefahr besonders hoch. Bei permanent wirkenden hohen Drücken kommt nämlich beanspruchungserschwerend hinzu, daß die aus den Druckkräften resultierenden Radialkräfte während der gesamten Hubphase in voller Höhe wirken, anders als bei einem konventionellen Einspritzsystem, bei dem der Hub jedenfalls zum Teil noch in der Druckaufbauphase, also bei gegenüber dem maximalen Einspritzdruck erniedrigten Drücken erfolgt. Dadurch, daß der zur Betätigung des Einspritzventils eines Common-Rail-Kraftstoffinjektors dienende Kolben, der typischerweise mit der Ventilnadel des Einspritzventils gekoppelt oder mit dieser materialeinstückig ausgebildet ist, dem anstehenden hohen Kraftstoffdruck permanent ausgesetzt ist, entsteht bei einer Deaxierung der Düsenadelführung zum Düsenadelsitz bzw. des Kolbens in der Zylinderbohrung eine permanente, über dem Kolbenumfang unsymmetrische Leckströmung. Ferner wirken aufgrund der hohen Drücke hohe, die Deaxierung verstärkende Radialkräfte, die während der gesamten Hubphase vorhanden sind, also insbesondere auch schon zu Beginn der Hubphase. Diese Radialkräfte können zum Anlaufen oder Anreiben und zu starkem Verschleiß der Düsenadel in der Düsenadelführung bzw. des Kolbens in der Zylinderbohrung führen.

Aus der DE 38 24 467 C2 ist ein Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine bekannt, bei welchem die Ventilnadel zweiteilig durch eine Hohladel und eine in einer Innenbohrung der Hohladel geführte Ventilnadel gebildet ist. Die

Hohladel weist im Bereich ihrer Spitze eine Anzahl von in Umfangsrichtung verlaufenden Nuten auf, welche in Längsrichtung der Ventilnadel um einen Abstand von ungefähr der Größenordnung des Durchmessers der Ventilnadel abstand sind und eine Breite und Tiefe aufweisen, die etwa einem Zehntel des Ventilnaddurchmessers entsprechen.

Weiterhin ist aus MTZ 55 (1994) 9, Seite 502, Spalte 3 und Seite 511, Spalte 1 die Verwendung von Titan-Nitrit-Beschichtungen für die Kolben von Kraftstoffeinspritzpumpen für Dieselmotoren bekannt, um das "Festfressen" des Kolbens zu verhindern.

Aus der EP 0 565 742 A1 sind Verfahren zur Feinbearbeitung von Werkstückoberflächen, insbesondere von Wandungen der Bohrungen im Zylinder eines Verbrennungsmotors bekannt, bei denen in der Oberfläche durch Strahlbehandlung, insbesondere mittels eines Lasers nach einem vorgegebenen Muster angeordnete Riefen erzeugt werden, welche als Schmiermittelreservoir dienen sollen.

Schließlich ist aus der EP 0 419 999 B1 ein Verfahren zur Bearbeitung von durch Reibung hochbeanspruchten Flächen in Brennkraftmaschinen, insbesondere der Zylinderlaufflächen von Kolbenmotoren bekannt, bei dem die Fläche gehont und zusätzlich einer Laserstrahlbehandlung unterzogen wird, wobei die Laserbehandlung zum Abdampfen von herausragenden Rauigkeitsspitzen oder Verschuppungen dient, um eine glattere Oberfläche zu erreichen.

Die Aufgabe der Erfindung ist es eine Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, insbesondere eine Einspritzpumpe oder ein Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine anzugeben, bei welcher eine geringere Gefahr des Verschleißes eines in einer Zylinderbohrung geführten Kolbens durch Deaxierung besteht.

Weiterhin soll durch die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Hochdruckeinheit angegeben werden.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Hochdruck-Kolbenzylindereinheit bzw. durch das in den Ansprüchen angegebene Verfahren zur Herstellung einer solchen gelöst, wobei jeweilige vorteilhafte Ausgestaltungen in den Unteransprüchen angegeben sind.

Durch die Erfindung wird eine Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, insbesondere eine Einspritzpumpe oder ein Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für eine hohe Hubzyklenzahl geschaffen, bei der ein in einer Zylinderbohrung geführter Kolben auf einer Seite einem hohen Druck und damit einer hohen Druckdifferenz ausgesetzt ist, wobei erfindungsgemäß zumindest in einem Teil der Führungsfläche des Kolbens in einem geringen Abstand zueinander verlaufende feine Rillen ausgebildet sind.

Ein Vorteil der erfindungsgemäß ausgebildeten Führungsfläche des Kolbens besteht darin, daß durch die Rillen ein hydraulischer Druckausgleich am Umfang der Führung erfolgt und damit das einseitige Anliegen des Kolbens in der Zylinderbohrung verhindert oder zumindest die Anpresskräfte herabgesetzt werden. Als weiterer Vorteil ergibt sich, daß die Leckströmung nach zentrischer Ausrichtung des Kolbens in Längsrichtung der Führungsfläche des Kolbens verringert und damit der hydraulische Wirkungsgrad der Einheit verbessert wird. Eine Verminderung der Leckströmung kommt aber auch schon allein dadurch zustande, daß die quer zur Richtung der Leckströmung verlaufenden Rillen wie eine Labyrinthdichtung wirken. Als weiterer Vorteil ist zu sehen, daß das in den Rillen anwesende Fluid die Anlageflächen benetzt, wodurch ein Schmierungeffekt erzielt wird.

Die in der Führungsfläche ausgebildeten Rillen weisen vorteilhafterweise eine Breite  $b$  von zwischen 5 bis 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 10 bis 40  $\mu\text{m}$  auf.

Die Tiefe  $t$  der Rillen beträgt vorteilhafterweise zwischen

3 bis 50 µm, vorzugsweise zwischen 10 bis 30 µm.

Der Abstand a der Rillen beträgt vorteilhafterweise zwischen 0,05 bis 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,3 mm.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung entspricht die Breite b einer Rille im wesentlichen deren Tiefe t.

Weiterhin von Vorteil ist es, wenn das Verhältnis der Tiefe t der Rille zum Nenndurchmesser D der Führungsfläche zwischen 1/200 und 1/1000 beträgt.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind die Rillen in Umfangsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet.

Gemäß einer Weiterbildung hiervon können die Rillen mit in Längsrichtung der Führungsfläche variierendem Abstand a ausgebildet sein.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Rillen in Längsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet sind.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Rillen unter einem Winkel zur Längsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet sind.

Gemäß einer Weiterbildung hiervon können die Rillen eine in Längsrichtung der Führungsfläche variierende Steigung aufweisen.

Gemäß einer anderen, herstellungstechnisch sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Rillen durch eine Schraubenlinie gebildet sind.

Dies kann dadurch weitergebildet sein, daß die Schraubenlinie mehrgängig ist.

Die Schraubenlinie kann eine in Längsrichtung der Führungsfläche variierende Steigung haben.

Gemäß noch einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Rillen unter unterschiedlichen Winkeln zur Längsrichtung der Führungsfläche kreuzweise verlaufend ausgebildet sind.

Dies kann dadurch weitergebildet sein, daß die Rillen mit in Längsrichtung der Führungsfläche variierender Steigung ausgebildet sind.

Bei den vorgenannten Ausführungsformen kann es von Vorteil sein, den Abstand a der Rillen in Längsrichtung der Führungsfläche so vorzusehen, daß er im wesentlichen den Betriebshub des Kolbens in der Zylinderbohrung entspricht.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können mehrere der vorgenannten Muster zur Bildung der Rillen kombiniert werden.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Rillen in einem an die Seite hohen Drucks des Kolbens anschließenden Bereich der Führungsfläche ausgebildet sind.

Alternativ hierzu können die Rillen über den gesamten Bereich der Führungsfläche ausgebildet sein.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung sind die Rillen in der als Führungsfläche dienenden Mantelfläche des Kolbens ausgebildet.

Alternativ oder zusätzlich dazu kann es vorgesehen sein, die Rillen in der als Führungsfläche dienenden Zylinderbohrung vorzusehen.

Von besonderem Wert ist die Erfindung bei einer Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, die Bestandteil eines Kraftstoffinjektors eines Common-Rail-Einspritzsystems ist, bei dem der Kolben zur Betätigung des Einspritzventils des Kraftstoffinjektors dient, und wobei die Druckdifferenz permanent an dem Kolben anliegt. Bei einem solchen permanent vom Kraftstoffdruck beaufschlagten Bauteil kann eine ständige Deaxierung, also von Anfang der Bewegung des Kolbens in der Zylinderbohrung an auftreten, weshalb durch die Erfindung hier mit besonderem Vorteil eine wesentliche Verschleißminderung erreicht werden kann.

Bei einer solchen, als Bestandteil eines Common-Rail-Einspritzsystems dienenden Hochdruckeinheit ist der Kolben vorteilhafterweise materialeinstückig an der Düsenadel des Einspritzventils ausgebildet, wobei der Kolben eine Schulter aufweist, die permanent vom Kraftstoffdruck des Common-Rail-Einspritzsystems beaufschlagt ist.

Vorteilhafterweise sind erfindungsgemäß die Rillen an der sich an die vom Kraftstoffdruck beaufschlagte Schulter anschließenden als Führungsfläche dienenden Mantelfläche des Kolbens ausgebildet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Hochdruckeinheit der Erfindung sieht es vor, daß die Rillen durch Feindreihen erzeugt werden.

Ein alternatives Verfahren, welches von besonderem Vorteil ist, sieht es vor, die Rillen durch Strahlbearbeitung zu erzeugen.

Eine solche Strahlbearbeitung erfolgt vorteilhafterweise insbesondere durch Lasergravur.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht es vor, daß das Erzeugen der Rillen nach dem Feinbearbeiten der Führungsfläche erfolgt und daß danach ein Läppen oder Feinschleifen der Führungsfläche vorgenommen wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Seitenansicht des Einspritzventils eines Kraftstoffinjektors eines Common-Rail-Einspritzsystems, welches gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ausgebildet ist, wobei der Ausschnitt A vergrößert die in der Führungsfläche eines Kolbens des Einspritzventils vorgesehenen feinen Rillen zeigt;

Fig. 2 eine vergrößerte Ansicht der Düsenadel des Einspritzventils des in Fig. 1 gezeigten Kraftstoffinjektors;

Fig. 3 einen stark vergrößerten Querschnitt durch die an der Führungsfläche des Kolbens der in Fig. 2 gezeigten Düsenadel ausgebildeten feinen Rillen; und

Fig. 4 eine Fig. 2 entsprechende Ansicht der Düsenadel des Einspritzventils mit vier Ausführungsbeispielen a) bis d) der Anordnung der Rillen an der als Führungsfläche dienenden Mantelfläche des Düsenadelkolbens.

Fig. 1 zeigt eine Ansicht, teilweise im Querschnitt, der Einspritzdüse eines Kraftstoffinjektors für ein Common-Rail-Kraftstoffeinspritzsystem. Die mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnete Einspritzdüse verfügt über ein Nadelgehäuse 2, in welcher eine Zylinderbohrung 3 vorgesehen ist. In dieser Zylinderbohrung 3 ist ein Kolben 5 geführt, der materialeinstückig mit einer Düsenadel 4 ausgebildet ist. Die Düsenadel 4 verfügt über eine Nadelspitze 8, welche mit einem Ventilsitz 9 zusammenwirkt. Im Bereich des Ventilsitzes 9 ist ein Einspritzquerschnitt 11 in Form von Einspritzöffnungen ausgebildet. Am Übergang von dem Kolben 5 zu der Düsenadel 4 ist eine Schulter 6 ausgebildet, welche im Bereich eines im Nadelgehäuse eingeformten Ringraums 12 liegt, in welchen ein Kraftstoffkanal 7 mündet. Der Kraftstoffkanal 7 führt zu einem Hochdruckspeicher des Common-Rail-Systems, in welchem einzuspritzender Kraftstoff unter hohem Druck vorgehalten wird. Zur Steuerung der Einspritzdüse 1 verfügt der Kraftstoffinjektor über ein in der Fig. 1 nicht dargestelltes Betätigungselement elektromechanischer oder hydraulischer Art, wie es an sich wohlbekannt ist, durch welches der Kolben 5 im Sinne einer Bewegung nach oben freigegeben wird, so daß der in dem Ringraum 12 auf die Schulter 6 des Kolbens 5 wirkende Kraftstoffdruck ein Anheben der Düsenadel 4 und damit der Nadelspitze 8 aus dem Ventilsitz 9 und somit eine Freigabe des Einspritzquerschnitts 11 bewirkt.

Wie in dem mit A bezeichneten vergrößerten Ausschnitt zu sehen ist, sind in der Mantelfläche des Kolbens 5 in ei-

nem geringen Abstand zueinander verlaufende feine Rillen 10 ausgebildet. Diese Rillen 10 bewirken einerseits einen hydraulischen Druckausgleich über dem Umfang des Kolbens 5 in der durch die Zylinderbohrung 3 gebildeten Führung und verhindern damit eine einseitige Anlage des Kolbens 5 aufgrund des von dem Ringraum 12 her in den Spalt zwischen der Mantelfläche des Kolbens 5 und der Zylinderbohrung 3 eintretenden, unter hohem Druck stehenden Kraftstoffs bei Deaxierung der Düsenadelführung. Gleichzeitig wird eine unsymmetrische und somit verstärkte Leckströmung in Längsrichtung der Führung zwischen der Mantelfläche des Kolbens 5 und der Zylinderbohrung 3 verringert und somit der hydraulische Wirkungsgrad des Kraftstoffinjektors verbessert.

In Fig. 2 ist die materialeinstückig mit dem Kolben 5 vorgesehene Düsennadel 4 vergrößert dargestellt. Der Kolben 5 hat einen Nenndurchmesser D, welcher bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel 6,8 Millimeter beträgt. Von der Schulter 6 und damit von der von dem unter hohem Druck in dem Ringraum 12 befindlichen Kraftstoff beaufschlagten Seite des Kolbens 5 her sind über eine Länge l die Rillen 10 in Umfangsrichtung verlaufend an der Mantelfläche des Kolbens 5 ausgebildet. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt diese Länge l, über welche die Rillen 10 vorgesehen sind, zirka 22 mm.

In Fig. 3 ist ein stark vergrößerter Querschnitt durch die Oberfläche des Mantels des Kolbens 5 dargestellt, welcher zwei Rillen 10 zeigt. Der Querschnitt der Rillen 10 hat bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine im wesentlichen dreieckige Form. Die Breite b einer Rille beträgt beispielsweise 5 bis 100 µm, vorzugsweise zwischen 10 bis 40 µm. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt die Rillenbreite b 30 µm. Die Rillentiefe t kann 3 bis 50 µm, vorzugsweise zwischen 10 bis 30 µm betragen. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt die Tiefe t 15 µm. Der Abstand a zwischen zwei Rillen kann zwischen 0,05 bis 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,3 mm betragen. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der Abstand a 0,2 mm.

Das Verhältnis der Tiefe t der Rille 10 zum Nenndurchmesser D der Führungsfläche bzw. des Kolbens 5 beträgt erfindungsgemäß vorteilhafterweise zwischen 1/200 und 1/1000. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das genannte Verhältnis rund 1/450, was sich als sehr vorteilhaft erwiesen hat.

Fig. 4 zeigt nochmals eine Darstellung entsprechend Fig. 2 und Beispiele a) bis d) der Strukturierung der Mantelfläche des Kolbens 5.

Gemäß dem Beispiel von Fig. 4a) sind die Rillen 10 in Umfangsrichtung des Kolbens 5 ausgebildet, wie in der Seitenansicht darüber und auch in Fig. 2 dargestellt. Bei dem Ausführungsbeispiel sind die Rillen in Längsrichtung mit einem gleichen Abstand a ausgebildet, alternativ dazu können die Rillen 10 auch mit einem in Längsrichtung der Führungsfläche variierendem Abstand a ausgebildet sein.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. b) sind die Rillen 10 in Längsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. 4c) sind die Rillen 10 unter einem Winkel zu Längsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel haben die Rillen 10 alle eine gleiche Steigung. Alternativ hierzu können die Rillen 10 auch mit einer in Längsrichtung der Führungsfläche variierenden Steigung vorgesehen sein.

Als Grenzfall der Anordnung der Rillen 10 in Umfangsrichtung wie in Fig. 4a) und der Anordnung der Rillen unter einem Winkel zur Längsrichtung wie in Fig. 4c), können die

Rillen 10 durch eine Schraubenlinie gebildet sein. Diese Schraubenlinie kann eingängig oder auch mehrgängig ausgebildet sein. Die Schraubenlinie kann eine in Längsrichtung der Führungsfläche konstante Steigung oder alternativ dazu eine in Längsrichtung der Führungsfläche variierende Steigung haben. Die Ausbildung der Rillen als Schraubenlinie ist herstellungstechnisch besonders vorteilhaft.

Gemäß Fig. 4d) können die Rillen 10 unter unterschiedlichen Winkeln zur Längsrichtung der Führungsfläche kreuzweise verlaufend ausgebildet sein, wobei die Winkel entgegengesetzt, aber betragsmäßig gleich oder auch betragsmäßig verschieden sein können. Während bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Steigung der Rillen 10 in Längsrichtung der Führungsfläche gleich ist, können die Rillen 10 alternativ dazu auch mit in Längsrichtung der Führungsfläche variierender Steigung ausgebildet sein.

Die Strukturierungsmuster gemäß Fig. 4a) bis 4d) sind Grundmuster, abweichende Muster sind jedoch auch möglich. Weiterhin können mehrere Muster gemäß der unter Bezugnahme auf die Fig. 4a) bis 4d) beschriebenen Art kombiniert werden.

Gemäß einem besonderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Abstand a der Rillen 10 in Längsrichtung der Führungsfläche so gewählt, daß er im wesentlichen dem Betriebshub des Kolbens 5 in der Zylinderbohrung 3 entspricht. Dies hat den vorteilhaften Effekt, daß die verbleibende Führungsfläche am Mantel des Kolbens 5 zwischen den Rillen 10 sich ständig auf benetzten Oberflächen der Führung bewegt und damit ein Trockenlaufen der Führung weitgehend unmöglich gemacht wird. Bei einem eingängigen Gewinde entspricht der Abstand a zwischen den Rillen 10 dann der Gewindesteigung.

Bei den anhand der Fig. 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispielen sind die Rillen 10 in der Mantelfläche des Kolbens 5 in deren Funktion als Führungsfläche ausgebildet. Alternativ oder gegebenenfalls zusätzlich dazu können die Rillen 10 auch in der Zylinderbohrung 3 als Führungsfläche ausgebildet sein.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Anwendungsfall eines Einspritzventils für einen Common-Rail-Kraftstoffeinspritzinjektor liegt der von dem Vorseicher vorgehaltene Kraftstoffdruck über den Kraftstoffkanal 7 und den Ringraum 12 permanent an der Schulter 6 des Kolbens 5 an, so daß der Kolben 5 permanent einer einscitigen Druckdifferenz ausgesetzt ist. Hierbei kommt der Vorteil des durch die Rillen 10 bewirkten hydraulischen Druckausgleichs und der Verringerung der Leckströmung besonders zum Tragen. Jedoch auch im Falle anderer Hochdruck-Kolbenzylindereinheiten, bei denen ein Kolben einseitig einer hohen Druckdifferenz ausgesetzt ist, wie es insbesondere bei sonstigen Einspritzventilen und bei Einspritzpumpen für Brennkraftmaschinen der Fall ist, führt die Erfindung zu einem entsprechenden Vorteil.

Die Rillen 10 in der Führungsfläche des Kolbens, also in der Mantelfläche des Kolbens 5 oder in der Fläche der Zylinderbohrung 3 können beispielsweise durch Feindreihen erzeugt werden. Alternativ dazu können die Rillen, insbesondere an der Mantelfläche des Kolbens 5 durch Strahlbearbeitung erzeugt werden, wobei insbesondere das Verfahren der Lasergravur vorteilhaft ist. Vorzugsweise erfolgt das Erzeugen der Rillen 10 nach dem Feinbearbeiten der Führungsfläche, und nach dem Erzeugen der Rillen 10 wird vorzugsweise noch ein Läppen oder Feinschleifen der Führungsfläche vorgenommen, um die endgültige Oberfläche der Führungsfläche herzustellen.

## Bezugszeichenliste

- 1 Einspritzdüse
- 2 Nadelgehäuse
- 3 Zylinderbohrung
- 4 Düsennadel
- 5 Kolben
- 6 Schulter
- 7 Kraftstoffkanal
- 8 Nadelspitze
- 9 Ventilsitz
- 10 Rille
- 11 Einspritzquerschnitt
- 12 Ringraum

## Patentansprüche

1. Hochdruck-Kolbenzylindereinheit, insbesondere Einspritzpumpe oder Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für hohe Hubzyklenzahlen, mit einem in einer Zylinderbohrung (3) geführten und mit einem Betätigungselement gekoppelten Kolben (5), der einer hohen Druckdifferenz ausgesetzt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest in einem Teil der Führungsfläche des Kolbens (5) in einem geringen Abstand zueinander verlaufende feine Rillen (10) ausgebildet sind.
2. Hochdruckeinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) eine Breite b von zwischen 5 bis 100 µm, vorzugsweise zwischen 10 bis 40 µm aufweisen.
3. Hochdruckeinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) eine Tiefe t von zwischen 3 bis 50 µm, vorzugsweise zwischen 10 bis 30 µm aufweisen.
4. Hochdruckeinheit nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) einen Abstand a von zwischen 0,05 bis 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,3 mm aufweisen.
5. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite b einer Rille (10) im wesentlichen deren Tiefe t entspricht.
6. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Tiefe t der Rille (10) zum Nenndruckmesser D der Führungsfläche zwischen 1/200 und 1/1000 beträgt.
7. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) in Umfangsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet sind.
8. Hochdruckeinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) mit in Längsrichtung der Führungsfläche variierendem Abstand a ausgebildet sind.
9. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) in Längsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet sind.
10. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) unter einem Winkel zur Längsrichtung der Führungsfläche verlaufend ausgebildet sind.
11. Hochdruckeinheit nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) eine in Längsrichtung der Führungsfläche variierende Steigung aufweisen.
12. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis

- 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) durch eine links- oder rechtsdrehende Schraubenlinie gebildet sind.
13. Hochdruckeinheit nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schraubenlinie mehrgängig ist.
14. Hochdruckeinheit nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schraubenlinie eine in Längsrichtung der Führungsfläche variierende Steigung hat.
15. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Rillen (10) unter unterschiedlichen Winkeln zur Längsrichtung der Führungsfläche kreuzweise verlaufend ausgebildet sind.
16. Hochdruckeinheit nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) mit in Längsrichtung der Führungsfläche variierender Steigung ausgebildet sind.
17. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand a der Rillen (10) in Längsrichtung der Führungsfläche im wesentlichen dem Betriebshub des Kolbens (5) in der Zylinderbohrung (3) entspricht.
18. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) unter Kombination mehrerer Muster nach den Ansprüchen 7 bis 16 ausgebildet sind.
19. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) in einem an die Seite hohen Drucks des Kolbens (5) anschließenden Bereich der Führungsfläche ausgebildet sind.
20. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) über den gesamten Bereich der Führungsfläche ausgebildet sind.
21. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) in der Mantelfläche des Kolbens (5) als Führungsfläche ausgebildet sind.
22. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) in der Zylinderbohrung (3) als Führungsfläche ausgebildet sind.
23. Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochdruck-Kolbenzylindereinheit Bestandteil eines Kraftstoffinjektors eines Common-Rail-Einspritzsystems ist, bei dem der Kolben (5) zur Betätigung des Einspritzventils des Kraftstoffinjektors dient und wobei die Druckdifferenz permanent an dem Kolben (5) anliegt.
24. Hochdruckeinheit nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (5) materialeinstückig an der Düsennadel (4) des Einspritzventils ausgebildet ist, wobei der Kolben (5) eine Schulter (6) aufweist, die permanent vom Kraftstoffdruck des Common-Rail-Einspritzsystems beaufschlagt ist.
25. Hochdruckeinheit nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) an der sich an die vom Kraftstoffdruck beaufschlagte Schulter (6) anschließenden als Führungsfläche dienenden Mantelfläche des Kolbens (5) ausgebildet sind.
26. Verfahren zur Herstellung einer Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) durch Feindreihen erzeugt werden.
27. Verfahren zur Herstellung einer Hochdruckeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) durch Strahlbearbeitung

erzeugt werden.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillen (10) durch Lasergravur erzeugt werden.

29. Verfahren nach Anspruch 26, 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen der Rillen (10) nach dem Feinbearbeiten der Führungsfläche erfolgt und danach ein Läppen oder Feinschleifen der Führungsfläche vorgenommen wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

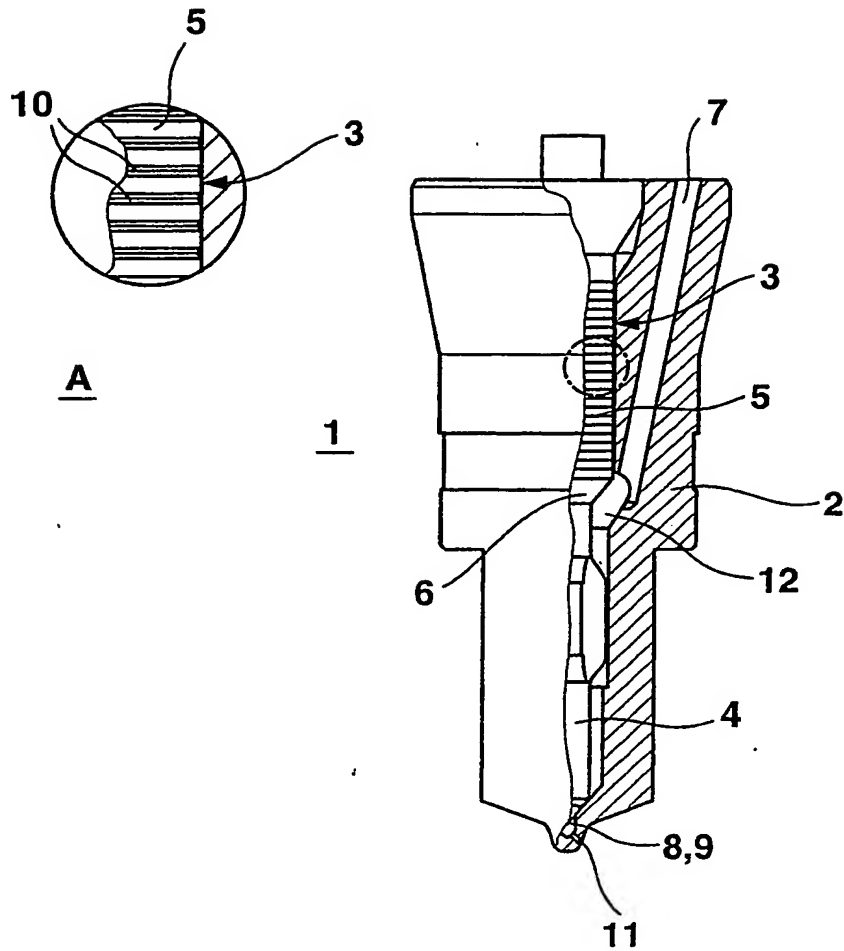
55

60

65

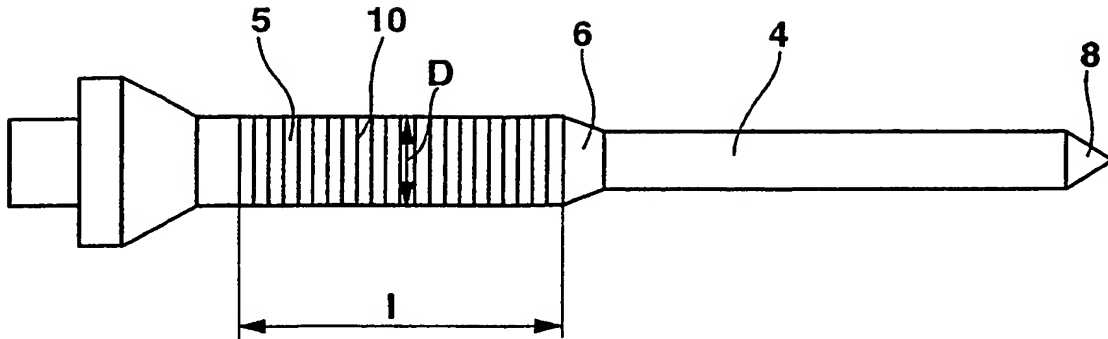


Fig. 1

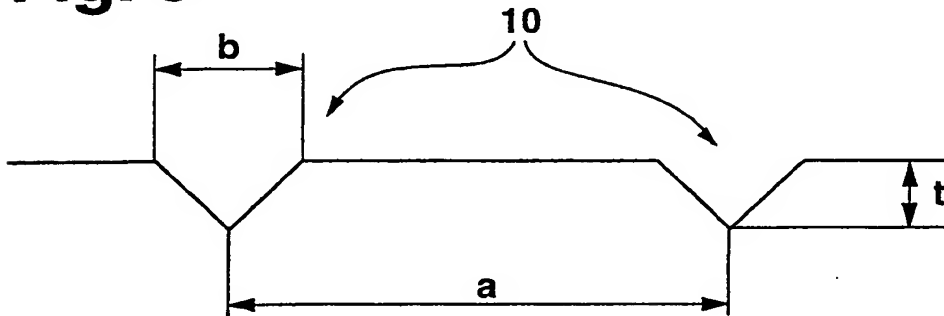


**This Page Blank (uspto)**

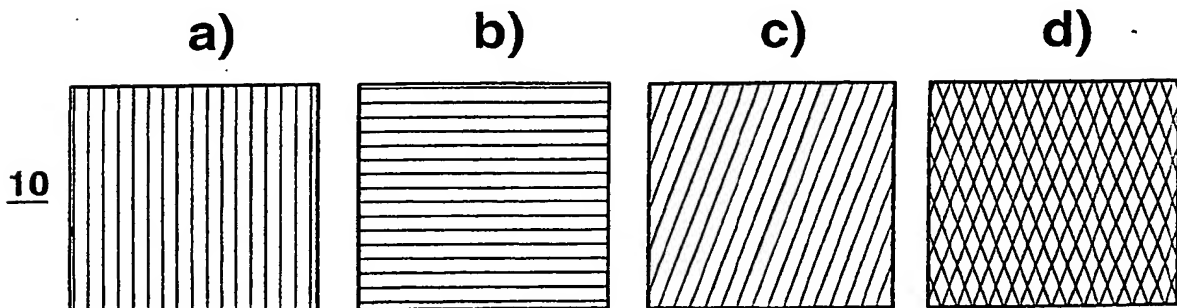
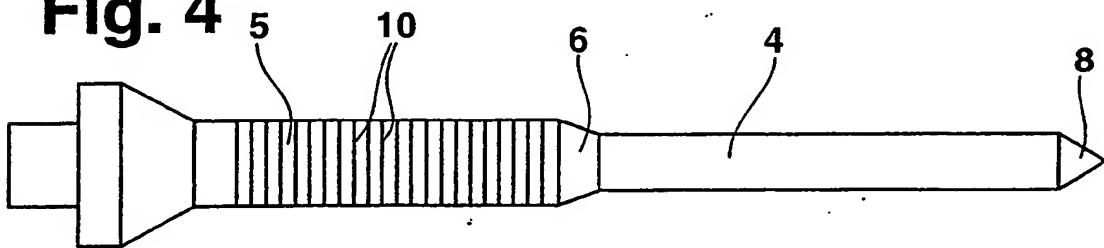
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**This Page Blank (uspto)**